Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No. 3, 2025, p. 381-401

Evaluation of Yield and Some Root and Morphological Characteristics Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Intercropping with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Nitrogen Fertilizer Management

Mohammad Nasser Modoodi[1*], Vahid Shamsabadi[2] and Ebrahim Jahangir Dehborzoui[3]

1- Department of Horticulture Science and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
2- Department of Water Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
3- Modabber Kesht-e Toos Agriculture and Livestock Company, Khorasan Razavi, Iran
(*- Corresponding author's Email: mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)

Received: 23-02-2025 Revised: 28-06-2025 Accepted: 01-07-2025 Available Online: 26-11-2025	**How to cite this article:** Modoodi, M. N., Shamsabadi, V., & Jahangir Dehborzoui, E. (2025). Evaluation of yield and some root and morphological characteristics response of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in intercropping with roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under nitrogen fertilizer management. *Journal of Agroecology*, *17*(3), 381-401. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.92222.1232

Introduction

Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) is an annual plant that tolerates salinity and drought from the legume family, which can be used as an alternative product in low-water plains. Considering the characteristics of the guar, such as having the ability to fix nitrogen biologically and a relatively deep root system, high adaptability to drought and poor soils, high competitive power and favourable morphology, it seems that placing it in intercropping, cultivation, can increase the efficiency of the final yield of intercropping crops. Utilizing the intercropping system for plants is an effective measure to improve soil fertility, increase the absorption of nutrients and improve the efficiency of water consumption, and it is considered one of the most important scientific methods to help maintain the stability and balance of the living system of soil. Therefore, this research was carried out with the aim of comparing different patterns of intercropping cultivation of guar next to the roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) with its pure cultivation at different levels of nitrogen fertilizer in the field of Toos Planting Manager Company in Taybad city, located in Polband plain.

Materials and Methods

The experiment was performed as a split plot in the form of a randomized complete block design with two factors and in three replications. The first factor included eight ratios of mixed crops, which were implemented as follows: sole cultivation of guar, one row of guar + one row of roselle, two row of guar + one row of roselle, three row of guar + one row of roselle, one row of guar + two row of roselle, one row of guar + three row of roselle, two row of guar + three row of roselle and three row of guar + two row of roselle. The second factor included nitrogen fertilizer, based on the recommendation of the soil laboratory, at three levels: without giving nitrogen fertilizer (zero kg per hectare) and 50 and 100 percent of the guar's requirement for nitrogen, one half at the time of planting and the other at the time of pod formation.

https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.92222.1232

Results and Discussion

The results indicated a significant superiority of sole cultivation of guar treatment in 100 percent of guar's requirement for nitrogen fertilizer in terms of the number of pods per plant and the length of the roots. Nevertheless, in attributes of weight of one hundred seeds and pod length, a significant superiority changed in favour of the treatment of three rows of guar + one row of roselle under conditions of 100 percent of guar's requirement for nitrogen fertilizer. In attributes of shoot dry weight and seed yield, the two treatments of sole cultivation of guar and three rows of guar + one row of roselle, under the condition of providing 100 percent of the nitrogen fertilizer requirement, have a significant advantage and were placed in a statistical group. The study of roselle traits showed that, except for the three-row guar + one-row roselle treatment, all treatment levels of the intercropping arrangement showed the highest sepal dry weight under conditions of 100% fertilizer requirement. However, the results of the land equivalent ratio (LER) trait showed that the only treatment where LER was above one, is the treatment of one row of guar + three rows of roselle, under the condition of providing 50% of the N fertilizer requirement.

Conclusion

Based on the results of this research, the only treatment whose intercropping was justifiable is the treatment of one row of guar + three rows of roselle, under the condition of providing 50% of the N fertilizer requirement. Therefore, it seems that this intercropping combination is recommended for farmers who like this type of planting system. Doing intercropping for species with different phenology can increase the productivity of agricultural lands while creating biodiversity and guaranteeing production.

Acknowledgements

We hereby express our gratitude and appreciation to Mr. Engineer Jahangir, the respected managing director of Toos Planting Manager Company, who cooperated fully in the implementation and financing of this project.

Keywords: Land equivalent ratio, Planting pattern, Seed yield, sepal yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰٤، ص ٤۰۱-۳۸۱

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کشت مخلوط گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) و چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در سطوح مختلف نیتروژن

محمد ناصر مودودی[1*]، وحید شمس آبادی[2] و ابراهیم جهانگیر دهبرزویی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) و چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)، در سطوح مختلف نیتروژن در شهرستان تایباد، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل نُه نسبت کشت مخلوط یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش و کشت خالص گوار و چای ترش بود. عامل فرعی شامل کود نیتروژن بود که در سه سطح بدون مصرف و مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن اعمال گردید. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر برتری معنی‌دار تیمار کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن در صفات تعداد غلاف در بوته (۳۴/۵ عدد) و تعداد دانه در غلاف (۸/۴ عدد) بود. در صفت وزن ۱۰۰ دانه، برتری معنی‌دار، به‌نفع تیمار سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن (به‌میزان ۶/۳۳ گرم) تغییر کرد. در دو صفت وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه گوار، دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن، برتری معنی‌دار را به‌خود اختصاص دادند. بررسی صفات مربوط به چای ترش نشان داد که به‌جز تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، تمامی سطوح تیماری کشت مخلوط در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، بیشترین وزن خشک کاسبرگ را نشان دادند. امّا نتایج نسبت برابری زمین نشان داد که تنها تیماری که کشت مخلوط آن توجیه‌پذیر بود، تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی نیتروژن (با نسبت براری زمین ۱/۰۲) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کاشت، عملکرد دانه، عملکرد کاسبرگ، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط عبارت است از کشت همزمان دو یا بیش از دو گونه در یک قطعه زمین در طول یک فصل زراعی. این نوع کشت، اقدامی در راستای رسیدن به پایداری در سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شود (Fotohi-Chianeh et al., 2012). سیستم کشت مخلوط هنگامی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه به‌طور مناسبی از یکدیگر جدا باشند، به‌طوری‌که این گونه‌ها در کنار یکدیگر قادر باشند از عوامل محیطی اطراف خود استفاده بهینه نمایند. غالباً در کشت مخلوط، عملکرد یک یا هر دو گیاه زراعی در مقایسه با کشت خالص آن‌ها کمتر است، امّا بازدهی ترکیب عملکرد آن‌ها می‌تواند بیشتر باشد (Koocheki et al., 2009). افزایش عملکرد در

۱- گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران
۲- گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران
۳-شرکت کشاورزی و دامپروی مدبر کشت توس، خراسان رضوی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.92222.1232

واحد سطح، افزایش تنوع زیستی و ثبات بیولوژیکی، بهره‌برداری بهتر از عوامل رشد گیاه زراعی و همچنین تسهیل در مهار آفات، بیماری-های گیاهی، علف‌های هرز و کاهش خطر تولیدات کشاورزی از جمله فواید کشت مخلوط هستند (Zare Feizabadi & Emamverdian, 2012; Bargaz et al., 2015). کشت مخلوط، آب قابل دسترس را از طریق ایجاد پوشش گیاهی بیشتر در سطح خاک و حفاظت ذرات خاک از برخورد ضربات مستقیم قطرات باران به آن‌ها افزایش داده و بنابراین بخش بیشتری از آب در خاک نفوذ می‌کند. در سیستم تک-کشتی ممکن است که بخشی از آب مصرفی، چندان قابل استفاده نبوده و از دسترس گیاه خارج شود؛ امّا در کشت مخلوط، گیاهان به‌نحو بهتری از آب موجود بهره می‌برند (Gao et al., 2009). گزارش شده است که در سیستم کشت مخلوط، تفاوت در ساختار ریشه‌ای گیاهان منجر به حالت تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع شده و این امر افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی را در پی دارد (Hauggaard-Nielson & Jensen, 2001). به‌طور کلی، بهره-گیری از سیستم کشت مخلوط گیاهان، اقدامی مؤثر برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر غذایی، مهار بهتر آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز و ارتقاء کارایی مصرف آب بوده و از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به حفظ پایداری و تعادل سیستم زنده خاک محسوب می‌شود (Ehsani Pour et al., 2019; Shahbazi et al., 2021).

گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) گیاهی یکساله و متحمل به خشکی و شوری و متعلق به خانواده بقولات (Fabaceae) است که در دشت‌های کم‌آب می‌توان از آن به‌عنوان یک محصول جایگزین استفاده نمود (Singla et al., 2016). گوار در اراضی دارای بافت سبک، خاک‌های شنی- شنی لومی و همچنین در مناطقی که دارای بارندگی سالیانه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر هستند، به‌خوبی رشد می‌کند. این گیاه در شرایط دماهای بالا (حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و در خاک‌های ضعیف قابلیت رشد خوبی داشته و از این نظر مناسب برای کشت‌وکار در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران است (Shahghasi et al., 2023). ریشه‌های آن قابلیت همزیستی با باکتری‌های *ریزوبیوم* و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را داشته و می‌تواند نیتروژن آزاد جَو را به‌شکل قابل جذب برای خود درآورد. حدود ۸۰ درصد سطح زیرکشت گوار در دنیا به کشور هندوستان اختصاص داشته و پس از آن پاکستان در رده دوم تولید جهانی این گیاه قرار دارد(Hema & Shalendra, 2014) . امروزه استفاده از گوار در راستای تعلیف دام، یکی از اهداف مهم کشت‌وکار این گیاه به‌شمار می‌رود (Shahbazi et al., 2021). گوار منبع مهمی از صمغ گالاکتومانان است که از آندوسپرم دانه گیاه استخراج شده و با حل شدن در آب به حالت ژله‌ای در می‌آید. این خصوصیت سبب شده است تا گوار در صنایع مختلف استفاده‌های متنوعی داشته باشد(Pathak & Roy, 2015) . علاوه‌بر این، ترکیب جنین و پوسته بذر گوار، کنجاله این محصول را تشکیل می‌دهند که غنی از پروتئین می‌باشد. همچنین فرآورده‌هایی از صمغ گوار در کاهش وزن، کاهش قند خون، برطرف کردن چاقی و کم‌اشتهایی به دست می‌آید که کاربردهای دارویی این گیاه ارزشمند را نشان می‌دهند (Hossieni Nezhad, 2021; Singh, 2014). تحقیقات نشان داده‌اند که گیاه گوار در کشت مخلوط، عکس‌العمل خوبی را از خود نشان داده است. مومن کیخا و همکاران (Momen-Keykha et al., 2018) طی ارزیابی عملکرد و جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، پاسخ گوار را در سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار + ۵۰ درصد آفتابگردان و ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان، توأم با کشت خالص آن، در کنار سه سطح کود نیتروژن صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که بیشترین عملکرد دانه گوار در شرایط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که نسبت‌های مختلف کشت مخلوط باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز گردید.

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی است از خانواده مالواسه (Malvaceae) که از قدیم‌الایام به‌عنوان دارو مورد استفاده بوده و هم‌اکنون نیز به‌عنوان گیاه دارویی مورد توجه است. از اجزاء گل چای ترش در صنعت داروسازی برای تسکین علائم برونشیت و سرفه استفاده می‌شود. همچنین از کاسبرگ‌های آن برای درمان فشار خون بالا، اسهال و بیماری دهان استفاده می‌گردد (Yazdan Panah, 2016). چای ترش به خشکی نسبتاً مقاوم بوده و در مناطقی که دارای حداقل ۱۲۵ میلی‌متر بارندگی و حداقل دمای ۱۵درجه سانتی گراد باشند، قابلیت رشد دارد. این گیاه به یخبندان بسیار حساس است و در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری تا ارتفاع ۹۰۰ متری از سطح دریا بیش‌ترین رشد را دارد. چای ترش گیاهی روزکوتاه است و به تغییرات طول روز بسیار حساس می‌باشد و لذا باید آن را در مناطق با

نور کافی کشت کرد و از کشت‌وکار آن در مکان‌های سایه خودداری نمود (Yazdan Panah, 2016). با توجه به آنچه ذکر شد، به نظر می‌رسد که گیاه چای ترش می‌تواند به‌عنوان یک گیاه مناسب جهت کشت در کنار گوار در شرایط کشت مخلوط انتخاب گردد. در همین راستا، حیدری و همکاران (Heydari et al., 2019) طی ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژیک کشت مخلوط چای ترش با لوبیا چشم بلبلی برپایه سری جایگزینی، سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش + ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی، ۵۰ درصد چای ترش + ۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی و ۲۵ درصد چای ترش + ۷۵ درصد لوبیا چشم بلبلی را در کنار کشت خالص آن‌ها مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در نهایت کشت ۲۵ درصد چای ترش + ۷۵ درصد لوبیا چشم بلبلی را به‌منظور دستیابی به درآمد اقتصادی بیشتر و بهره‌وری بهتر از زمین گزارش کردند.

نیتروژن یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های حیاتی از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل‌ها و برخی هورمون‌ها است (Khoshouei et al., 2022; Nasrollahzadeh, 2017). نیتروژن، به‌طور مستقیم در تولید سلول‌های جدید، ساخت ترکیبات نیتروژن‌دار سلول‌ها، ساخت آنزیم‌ها و اجزاء دیواره غشاء سلول‌ها نقش داشته و به‌طور غیرمستقیم در گسترش سطح برگ و رشد و نمو گیاه مؤثر است (Arshadi & Asgharipour, 2011). متخصصان علم فیزیولوژی گیاهی بیان داشتند که دو عامل تنش نیتروژن و آب به‌ترتیب سبب کاهش کلروفیل و تورژسانس سلول‌ها شده و فراهمی نیتروژن سبب افزایش محتوی نسبی آب در گیاهان می‌شود و در گیاهانی که از درصد آب بیشتری برخوردارند، محتوای کلروفیل نیز بیشتر است (Schlemmer et al., 2005; Khoshouei et al., 2022). ارشدی و همکاران (Arshadi et al., 2010) در گزارش‌هایی اظهار داشتند که دستگاه کلروفیل‌متر SPAD شاخصی از محتوای کلروفیل گیاه بوده و بین قرائت دستگاه کلروفیل‌متر SPAD و محتوای نیتروژن برگ، همبستگی مثبتی وجود دارد.

با توجه به خصوصیات گیاه گوار مانند داشتن توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و سازگاری بالا به خشکی و خاک‌های فقیر، توان رقابتی بالا و ریخت‌شناسی مطلوب، به نظر می‌رسد که قرار دادن آن در کشت مخلوط، می‌تواند باعث افزایش بازدهی عملکرد نهایی کشت مخلوط شود. از طرف دیگر، چای ترش نیز گیاهی نسبتاً مقاوم به خشکی بوده و طول فصل رشد آن مشابه گوار می‌باشد؛ ولی با گیاه گوار، هم‌خانواده نبوده و آفات و بیماری‌های مشترکی با گیاه گوار ندارد و به نظر می‌رسد که کشت مخلوط این دو گیاه به همراه اعمال کود نیتروژن (به‌عنوان تضمینی جهت مواجه نشدن دو گیاه با کمبود نیتروژن) می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. لذا هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط گوار و چای ترش بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گیاه تحت سطوح مختلف کود نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه شرکت مدبر کشت توس در شهرستان تایباد، با طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۸۱۰ متر از سطح دریا واقع در دشت پل‌بند اجرا گردید. میانگین دمایی شهرستان ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی آن ۱۸۰/۵ میلی‌متر بوده و اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن، گرم و خشک می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل نُه نسبت کشت مخلوط بود که به‌صورت یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش و کشت خالص گوار و چای ترش انجام شد. عامل فرعی نیز شامل کود نیتروژن بود که براساس نتایج آزمون خاک، در سه سطح بدون دادن کود نیتروژن (صفر کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن، به‌صورت یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در زمان تشکیل میوه اعمال گردید. پیش از انجام آزمایش و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌برداری از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experiment site

بافت Texture	اسیدیته pH	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic C (%)
سیلت لومی loamy silt	7.38	1.05	1.45	210	8.00	0.046	0.300

عملیات شخم، دیسک و تسطیح زمین و همچنین تهیه ردیف‌های کاشت در اواسط اردیبهشت‌ماه انجام شد. همچنین هر دو گیاه در هفته اول خردادماه ۱۴۰۰ به‌صورت خشکه‌کاری کاشت شدند. رقم گوار استفاده‌شده در این تحقیق، رقم وارداتی پاکستانی BR2017 بود که در شرایط فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر (به‌صورت ثابت برای هر دو گیاه) کشت شد. فاصله روی ردیف نیز در دو گیاه گوار و چای ترش، به‌ترتیب ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر بود (Araghian et al., 2022). در طول فصل رشد، آبیاری به‌صورت نشتی هر ۱۰ روز یک بار (مطابق با عرف منطقه) انجام شد. حذف علف‌های هرز نیز به‌صورت وجینی و سه مرتبه در طول فصل رشد انجام گردید. برداشت هر دو محصول نیز در هفته آخر مهرماه انجام شد.

در انتهای فصل رشد، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه گیاه گوار با انتخاب تصادفی پنج بوته در هر کرت اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه گوار نیز از نیمه پایینی هر کرت، با حذف اثر حاشیه‌ای و برحسب گرم در مترمربع اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد شاخه زایا در بوته و وزن خشک کاسبرگ برحسب گرم در مترمربع با انتخاب تصادفی پنج بوته در هر کرت برای گیاه چای ترش اندازه‌گیری شدند. وزن خشک اندام‌های هوایی هر دو گیاه نیز از طریق قرار دادن اندام‌های دو گیاه در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شدند. علاوه‌بر این نسبت برابری زمین (LER) نیز از معادله ۱ محاسبه گردید.

$$LER = (Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb}) \quad (۱)$$

معادله (۱)

که در آن، Y_{ab}: عملکرد گوار در کشت مخلوط با چای ترش، Y_{aa}: عملکرد گوار در شرایط کاشت خالص، Y_{ba}: عملکرد چای ترش در کشت مخلوط با گوار و Y_{bb}: عملکرد چای ترش در شرایط کاشت خالص هستند. چنانچه LER بزرگ‌تر از یک شود، نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص و چنانچه LERکوچک‌تر از یک شود، نشان‌دهنده سودمندی کشت خالص نسبت به کشت مخلوط است (Vandermeer, 1989).

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 17 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های گوار

وزن خشک اندام‌های هوایی

اثر متقابل کشت مخلوط و نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی در دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و این دو تیمار به‌ترتیب با وزن خشک اندام‌های هوایی ۶۰/۵ و ۵۹/۷ گرم در بوته بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی را تولید کردند (جدول ۳). پس از این دو تیمار، تیمار کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی با وزن خشک اندام‌های هوایی ۵۷/۷ گرم در بوته در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها وزن خشک اندام‌های هوایی، کمتر از ۵۶ گرم در بوته بود (جدول ۳). در سطوح مختلف تیمار کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن خشک اندام‌های هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). براساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد که استفاده بهتر از منابع و سرعت رشد بیشتر در تیمار کشت مخلوط سه ردیف گوار + یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی سبب بروز برتری آن شده است. همچنین احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش روی بوته‌های گوار در سایر تیمارهای کشت مخلوط سبب کاهش استفاده بهینه گوار از نور و تولید فتواسیمیلات‌ها شده و کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی را برای گوار به همراه داشته است. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های محققان دیگر مطابقت دارد. شهبازی و

همکاران(et al., 2021Shahbazi) در بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گوار و نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.)، گزارش کردند که بیشترین وزن خشک گوار، در دو تیمار کشت خالص گوار و الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعنا فلفلی به‌دست آمد. علاوه‌بر این براساس یافته‌های تحقیق حاضر، با افزایش کاربرد کود نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن خشک اندام‌های هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. هرچند گیاه گوار دارای توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است، امّا به نظر می‌رسد که این توانایی نمی‌تواند به اندازه کافی در تأمین نیتروژن مورد نیاز اندام‌های هوایی گوار و رشد آن‌ها تأثیرگذار باشد. با توجه به اینکه نیتروژن ترکیب اصلی پروتئین‌ها را تشکیل داده و آنزیم‌ها نیز پروتئینی هستند، بنابراین وجود نیتروژن برای سنتز تمام آنزیم‌ها ضروری است و کمبود آن در هر واکنش آنزیمی تأثیرگذار است (Taiz & Zeiger, 2010). نیتروژن همچنین در سنتز مولکول کلروفیل، مورد نیاز بوده و بدون وجود نیتروژن حلقه‌های پورفیرینی سر مولکول کلروفیل تشکیل نخواهد شد (Taiz & Zeiger, 2010). لذا تأثیر آن در افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گوار منطقی به نظر می‌رسد. مومن کیخا و همکاران(Momen-Keykha et al., 2018) نیز طی ارزیابی کشت مخلوط گوار با آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) عنوان کردند که در سطوح مختلف الگوهای کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک اندام‌های هوایی گوار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

تعداد غلاف در بوته

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کشت مخلوط و نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین صورت که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی (۳۴/۴ غلاف در بوته) مشاهده شد. پس از این تیمار، تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، با تعداد ۳۳/۵ غلاف در بوته در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها تعداد غلاف در بوته، کمتر از ۳۳ بود (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد گوار تحت شرایط کشت مخلوط و کود نیتروژن
Table 2- ANOVA (mean of squares) for yield and yield components of guar under conditions intercropping and nitrogen fertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100-seeds weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	342	102	0.983	1.57	7721
کشت مخلوط Intercropping arrangement (I)	7	397 **	126 **	3.83 **	4.12 **	6868 **
خطای الف Error (a)	14	0.549	0.566	0.0007	0.0009	74.7
کود نیتروژن N fertilizer (N)	2	575 **	176 **	5.13 **	5.73 **	10479 **
کشت مخلوط × کود نیتروژن I × N	14	23.7 **	8.47 **	0.259 **	0.194 **	531 **
خطای ب Error (b)	32	0.530	0.143	0.001	0.003	39.5
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.51	1.37	0.50	1.11	2.10

**: معنی‌دار در سطح یک درصد
**: significant in 1% level

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی گوار

Table 3- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on shoot dry weight of guar (g.plant-1)

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	52.0	57.7	60.5
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	38.6	49.6	53.4
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	38.8	48.5	52.6
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	51.7	55.5	59.7
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	37.1	38.2	40.5
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	36.7	38.6	46.7
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	38.7	51.7	54.2
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	51.4	54.5	55.0
LSD 0.05 = 1.21			

در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر، در سطوح تیماری که تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش نسبت به گوار برتری داشت، تعداد غلاف در بوته گوار به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. با توجه به اینکه گوار یکی از گیاهان خانواده بقولات بوده و گیاهان زراعیِ از گیاهان این خانواده دارای تیپ رشدی نامحدود هستند (Majnoon Hosseini, 2015) و با عنایت به اینکه هر برگ، نزدیک‌ترین واحد زایشی به خود را تغذیه می‌کند (Sarmad Nia & Koocheki, 2013)، لذا نفوذ نور در گیاهان رشد نامحدود برای فتوسنتز برگ‌های پایینی و به‌دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی پایین تاج‌پوشش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امّا احتمالاً سایه-اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش روی بوته‌های گوار در آرایش‌هایی از کشت مخلوط که در آن‌ها تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش بر ردیف‌های کاشت گوار برتری داشته سبب کاهش استفاده بهینه گوار از نور و کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه گوار شده است. علاوه‌بر این با توجه به یافته‌های این تحقیق، با افزایش مقدار کود نیتروژن در سطوح مختلف کشت مخلوط، تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. مطالعات نشان داده‌اند که نیتروژن جزء لاینفک مولکول‌های کلروفیل بوده و فراهمی آن به‌میزان کافی می‌تواند در افزایش سنتز کلروفیل مؤثر باشد (Sarmad Nia & Koocheki, 2013) و از آنجایی‌که گیاهان زراعی برای جذب نور و تولید ماده خشک باید ذخیره کافی از نیتروژن را در برگ‌های خود داشته باشند (Salvagiotti et al., 2008)، لذا به نظر می‌رسد که کاربرد به‌موقع و کافی نیتروژن می‌تواند در افزایش اجزای عملکرد، از جمله تعداد غلاف در بوته گیاه گوار مؤثر باشد. در همین راستا، غربائی طغرکان و

همکاران(Ghorabaei Toghrekan et al., 2022) طی بررسی پاسخ اجزای عملکرد گوار به سطوح کودهای نیتروژن (در سه سطح ۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (در دو سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در سه فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین تعداد غلاف در بوته را با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر مشاهده کردند. در تحقیقی دیگر، مصطفوی‌راد و همکاران (Mostafavi Rad et al., 2016) افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته را در بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) طی بررسی کاربرد کود نیتروژنه برای این گیاه به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. به نظر می‌رسد که تولید غلاف در بوته به‌مقدار زیادی به فراهمی عناصر غذایی (به‌خصوص نیتروژن) که برای رشد سریع گیاه ضروری هستند، وابسته است و احتمالاً افزایش تعداد غلاف در بوته تحت تیمار کود شیمیایی نیتروژن می‌تواند در نتیجه بهبود رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و به‌تبع آن افزایش فتوسنتز در گیاه باشد (Khoshouei et al., 2022)). ارشدی و همکاران (Arshadi et al., 2021) اظهار داشتند که فراهمی عناصر مورد نیاز ریشه نخود خصوصاً نیتروژن و فسفر، در ایجاد تعادل هورمونی و افزایش طول ریشه نخود موثر است و این موضوع می‌تواند در بهبود جذب عناصر غذایی به نفع اندام‌های هوایی نخود موثر باشد. به نظر می‌رسد که بین میزان فراهمی عنصر غذایی نیتروژن و توان تولید غلاف در بوته گوار ارتباط مستقیمی وجود دارد و افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه از طریق کاربرد کود شیمیایی حاوی نیتروژن سبب افزایش تعداد غلاف در بوته گوار می‌گردد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته گوار

Table 4- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on no. of pods per plant of guar

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	30.1	32.8	34.5
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	21.7	27.9	30.0
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	22.2	27.7	30.2
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	29.3	31.8	33.5
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	21.5	21.8	23.0
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	21.1	22.1	26.6
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	22.0	30.0	30.8
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	29.4	30.2	31.8

LSD 0.05 = 0.194

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثـر متقابـل کشـت مخلـوط و نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شـد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در غلاف بـا میـانگین ۸/۴ در تیمار کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۱۰۰ درصـد نیـاز کـودی مشاهده شد. پس از این تیمار، سه تیمـار کشـت سـه ردیـف گـوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ و ۵۰ درصـد نیـاز کودی و کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کـودی بـا میانگین ۸/۱ دانه در غلاف در رتبه بعدی قرار گرفتند. کمترین تعـداد دانه در غلاف نیز در دو تیمار کشـت یـک ردیـف گـوار + کشـت دو ردیف چای ترش و کشت یک ردیف گوار + کشت سـه ردیـف چـای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن (به‌ترتیب بـه‌میزان ۵/۹۳ و ۵/۹۶ عدد) وجود داشت (جدول ۵). برتری دو تیمار کشت سـه ردیـف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز کودی از نظر تعداد دانه در غلاف می‌تواند ناشی از کاهش رقابـت بین گونه‌ای (بین گوار و چای ترش) بر سر نور و نفـوذ بهتـر نـور بـه داخل تاج‌پوشش گوار و فراهمی بیشتر نـور بـرای بـرگ‌هـای پـایینی تاج‌پوشش های گوار و تغذیه بهتر واحدهای زایشی در بوته‌های گـوار این دو نوع کشت مخلوط باشد که درنهایت منجر بـه افـزایش تعـداد دانه در غلاف در این دو ترکیب تیماری شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف گوار

Table 5- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on no. of seeds per pods of guar

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	7.36	8.10	8.40
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	6.06	7.10	7.36
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	6.06	7.06	7.06
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	7.06	8.06	8.06
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	5.93	6.00	6.06
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	5.96	6.06	7.10
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	6.06	7.06	7.36
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	7.06	7.10	7.40
LSD 0.05 = 0.158			

هرچند با افزایش مقدار نیتروژن، تعداد دانه در غلاف نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۵)، امّا در تیمارهایی مانند کشت دو ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، بین دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در غلاف وجود نداشت. خشوعی و همکاران (Khoshouei et al., 2022) نیز در مطالعه اثر آبیاری، کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف، بیشتر تحت کنترل ژنتیک گیاه بادام‌زمینی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در تحقیقی دیگر، ارشدی و همکاران (Arshadi et al., 2008) نیز در گزارشی بیان نمودند که برخی از ویژگی‌های گیاهی در زُمره صفات کیفی قرار گرفته و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند.

وزن ۱۰۰ دانه

اثر متقابل تیمارهای کشت مخلوط و نیتروژن بر وزن ۱۰۰ دانه گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی با میانگین ۶/۳ گرم مشاهده شد. پس از این تیمار، کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، با وزن ۱۰۰ دانه ۶/۱۶ گرم در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۶). کمترین وزن ۱۰۰ دانه نیز مربوط به کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن (۳/۸ گرم) بود (جدول ۶). در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن ۱۰۰ دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). از آنجایی‌که واحدهای زایشی در پیکره تاج‌پوشش گیاه، توسط نزدیک‌ترین برگ‌ها تغذیه می‌شوند (Sarmad Nia & Koocheki, 2013)، لذا در گیاهان رشد نامحدودی همچون گوار، نفوذ نور برای فتوسنتز برگ‌های پایینی و به‌دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی پایین تاج‌پوشش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و عدم فراهمی کافی نور برای برگ‌های میانی و پایینی تاج‌پوشش، می‌تواند به‌واسطه کاهش پتانسیل فتوسنتزی تاج‌پوشش ، گیاه را با محدودیت منبع مواجه کرده و این امر تغذیه نامطلوب دانه‌ها و کوچک ماندن بذرها را به همراه داشته باشد. در این تحقیق، احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش روی بوته‌های گوار در آرایش‌هایی از کشت مخلوط که در آن‌ها تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش بر ردیف‌های کاشت گوار برتری داشته، سبب کاهش استفاده مطلوب گوار از نور و کاهش وزن دانه گوار شده است. از طرف دیگر، برتری تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش نسبت به تیمار کشت خالص گوار از نظر وزن ۱۰۰ دانه، می‌تواند ناشی از ایجاد یک رقابت اندک و البته سازنده به‌نفع گوار، در راستای افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گوار باشد. مومن کیخا و همکاران (Momen-Keykha et al., 2018) در مطالعه‌ای طی بررسی اثر کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، پاسخ گوار را در سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار + ۵۰ درصد آفتابگردان و ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان، به همراه کشت خالص آن مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که وزن هزار دانه گوار در نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر بود. به‌طور کلی، وزن دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و وجود دانه‌هایی که به‌خوبی پر شده باشند، نقش بسزایی در افزایش عملکرد دانه خواهند داشت (Khoshouei et al., 2022) . به نظر می‌رسد که فراهمی بیشتر نیتروژن، تخصیص بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به‌سمت دانه‌های در حال رشد در غلاف‌ها را به دنبال داشته و این موضوع سبب افزایش وزن ۱۰۰ دانه گوار شده است. غربائی طغرکان و همکاران (Ghorabaei Toghrekan et al., 2022) طی بررسی پاسخ اجزای عملکرد گوار به سطوح کودهای نیتروژن (در سه سطح ۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (در دو سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در سه فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین وزن هزار دانه را به‌میزان ۸۳/۵ گرم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر مشاهده کردند. عبدزاد گوهری و همکاران (Abdzad Gohari et al., 2011) و سپیده‌دم و رمرودی (Sepideh Dam & Ramroudi, 2015) نیز به‌ترتیب در تحقیقی، افزایش وزن ۱۰۰ دانه بادام‌زمینی و وزن هزار دانه گندم را طی افزایش مقادیر کود نیتروژن گزارش کردند. به‌خصوص در تحقیق سپیده‌دم و رمرودی (Sepideh Dam & Ramroudi, 2015)، وزن دانه به‌طور کاملا متأثر از کود نیتروژن بود، به‌گونه‌ای‌که در تحقیق آن‌ها، با افزایش مصرف کود نیتروژن از صفر به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه گندم نیز از ۳۷ به بیش از ۴۸ گرم افزایش یافت.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن ۱۰۰ دانه گوار

Table 6- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on 100 seeds weight of guar (g)

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	5.46	5.97	6.16
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	3.97	5.06	5.46
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	4.06	4.90	5.16
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	5.16	5.97	6.33
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	3.86	3.97	4.26
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	3.76	3.97	4.76
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	3.97	5.16	5.36
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	4.96	5.26	5.40
LSD 0.05 = 0.091			

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر متقابل کشت مخلوط و نیتروژن بر عملکرد دانه گوار معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و در این دو تیمار، عملکرد دانه گوار به‌ترتیب به ۳۵۷ و ۳۵۵ گرم در مترمربع رسید (جدول ۷). پس از این دو تیمار، تیمارهای کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی، به‌ترتیب با عملکرد دانه از ۳۴۲ و ۳۳۳ گرم در مترمربع در رتبه بعدی قرار گرفتند. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۷).

کمترین عملکرد دانه نیز در سه تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش و کشت دو ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش، هر سه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید (جدول ۷). مومن کیخا و همکاران(Momen-Keykha et al., 2018) نیز در بررسی اثر کشت مخلوط گوار با آفتابگردان گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گوار در شرایط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. علاوه‌بر این، چنین به نظر می‌رسد که نیتروژن تأثیر قابل توجهی در افزایش عملکرد دانه گوار داشته و با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد تأمین نیاز کودی، بخش بیشتری از ماده خشک تولیدشده به دانه‌ها اختصاص یافته و این موضوع سبب برتری معنی‌دار عملکرد

دانه در تیمارهای کشت مخلوط شده است. نتایج بررسی لک و همکاران (Lack et al., 2015) روی لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*) نشان داد که مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره شاخص سطح برگ، ماده خشک کل گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و میزان پروتئین را در این گیاه افزایش داد. همچنین نتایج این تحقیق، با یافته‌های میرزاشاهی و همکاران (Mirza Shahi et al., 2017) که نشان دادند که تأمین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز ذرت موجب افزایش معنی‌دار اجزاء عملکرد و عملکرد آن گردید، همسو بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر عملکرد دانه گوار

Table 7- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on seed yield of guar (g.m^{-2})

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	315	342	357
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	248	296	320
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	264	295	316
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	311	333	355
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	261	264	265
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	255	265	286
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	254	312	325
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	309	314	323

LSD 0.05 = 10.4

ویژگی‌های چای ترش

تعداد شاخه زایا

اثر کشت مخلوط و نیتروژن بر تعداد شاخه زایای چای ترش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸)، به‌طوری‌که پنج تیمار کشت خالص چای ترش، کشت یک ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، کشت یک ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش، کشت دو ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش و کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، بیشترین میزان تعداد شاخه زایا را از خود نشان داده و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند و در این پنج تیمار، تعداد شاخه زایا به‌ترتیب ۸/۲۲، ۸/۴۴، ۸/۱۱، ۸/۳۳ و ۸/۰۱ بود (جدول ۹). به نظر می‌رسد که در ترکیب‌های تیماری کشت مخلوط، زمانی‌که بوته‌های چای ترش در کنار یک ردیف گوار کشت شده

باشند، تعداد شاخه زایا در آن‌ها افزایش می‌یابد. بـه عبـارت دیگـر، در آرایش‌های کشت مخلوط، افزایش تعداد ردیف‌هـای کشـت گـوار بـه بیش از یک ردیف سبب کاهش تعداد شاخه زایـا در بوتـه‌هـای چـای ترش می‌شود. در همین ارتباط گزارش شـد کـه افـزایش دمـا و نـور محیط می‌تواند سبب افزایش تعداد شاخه زایا در گیاه چای ترش شود (Yazdan Panah, 2016). همچنین با افزایش مقدار کود نیتـروژن، تعداد شاخه زایا نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافـت و از ۶/۴۶ شـاخه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، به نُـه شـاخه در شـرایط تـأمین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن رسید (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد کـه بـین میزان فراهمی عنصر غذایی نیتروژن و توان تولید تعداد شاخه زایـا در بوته چای ترش ارتباط مستقیمی وجود داشته و افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه از طریق کاربرد کود شیمیایی حاوی نیتروژن سبب افزایش تعداد شاخه زایا در چای ترش مـی‌گـردد. بـا توجـه بـه تـأثیر نیتروژن در افزایش سطح برگ و سـرعت رشـد قسـمت‌هـای هـوایی تاج‌پوشـش گیـاه (Khoshouei et al., 2022; Goldani et al., 2016)، افزایش تعداد شاخه زایا در بوته‌های چای تـرش، بـا افـزایش مقادیر کود نیتروژن، منطقی به نظر مـی‌رسـد. موسـوی و همکـاران (Moosavi et al., 2020) نیز در تحقیقی دریافتند کـه کـاربرد کـود نیتروژن، پتانسیل شاخه‌دهی چای ترش را به‌طور معنـی‌داری افـزایش داد و با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی از صفر بـه ۳۰۰ کیلـوگرم در هکتار، تعداد شاخه‌های جانبی چای تـرش نیـز بـه‌طور معنـی‌داری افزایش پیدا کرد.

وزن خشک اندام‌های هوایی

اثر کشت مخلوط و نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی چای ترش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جـدول ۸)، بـه‌طوری‌کـه سه تیمار کشت خالص چای ترش، کشت یک ردیف گوار + کشـت یـک ردیف چای ترش و کشت دو ردیف گوار + کشـت سـه ردیـف چـای ترش به‌ترتیب با ۱۹۹، ۲۰۰ و ۱۹۷ گرم در بوته بیشترین میـزان وزن خشک اندام‌های هوایی را بـه خـود اختصـاص داده و در یـک گـروه آماری قرار گرفتند. کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی چـای تـرش نیز در تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یـک ردیـف چـای تـرش مشاهده شد، به‌طوری‌که وزن خشک اندام‌های هـوایی در ایـن تیمـار ۱۷۳ گرم در بوته بود (جدول ۹).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش تحت شرایط کشت مخلوط و کود نیتروژن

Table 8- ANOVA (mean of squares) for yield and yield components of roselle under conditions intercropping and nitrogen fertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه زایا No. of fertile branches	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک کاسبرگ Sepal dry weight
تکرار Replication	2	0.514	53.2	0.194
کشت مخلوط Intercropping arrangement (I)	7	7.22 **	664 **	5.61 **
خطای الف Error (a)	14	0.625	42.4	0.553
کود نیتروژن N fertilizer (N)	2	33.8 **	9616 **	77.2 **
کشت مخلوط × کود نیتروژن I × N	14	0.625 ns	19.5 ns	0.504 **
خطای ب Error (b)	32	0.319	13.7	0.150
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.28	1.92	3.73

** و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح یک درصد و غیرمعنی‌دار

** and ns: significant in 1% level and non-significant, respectively

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط بر تعداد شاخه زایا در بوته و وزن خشک اندام‌های هوایی چای ترش

Table 9- Mean comparisons of intercropping on no. of fertile branch and shoot dry weight of roselle

کشت مخلوط Intercropping arrangement	تعداد شاخه زایا در بوته No. of fertile branches per plant	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight (g.plant^{-1})
کشت خالص چای ترش Sole cultivation of roselle	8.22	199
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	8.44	200
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	8.11	191
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	5.66	173
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	8.33	193
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	8.01	193
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	7.55	197
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	7.77	194
	LSD 0.05 = 1.52	LSD 0.05 = 12.5

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن بر تعداد شاخه زایا در بوته و وزن خشک اندام‌های هوایی چای ترش

Table 10- Mean comparisons of nitrogen fertilizer on no. of fertile branch and shoot dry weight of roselle

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	تعداد شاخه زایا در بوته No. of fertile branch in plant	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight (g.plant^{-1})
عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	6.46	172
۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	7.83	193
۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement	9.00	212
	LSD 0.05 = 0.941	LSD 0.05 = 6.16

با توجه به بوته‌های بلندتر چای ترش نسبت به بوته‌های گوار از یک طرف، و کم عمق و کم حجم بودن بوته‌های گوار (MacMillan et al., 2021) از طرف دیگر، به نظر نمی‌رسد که تغییر تعداد ردیف-های کشت گوار در کنار ردیف‌های کشت چای ترش، محدودیتی برای جذب نور توسط بوته‌های چای ترش ایجاد کند و میزان توانایی بوته‌های چای ترش در جذب عناصر غذایی در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط سبب بروز تفاوت معنی‌دار در وزن خشک اندام‌های هوایی شده است. یزدان پناه (Yazdan Panah, 2016) در گزارشی اظهار داشت که انجام اقدامات زراعی بهینه، همچون انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای چای ترش، تأثیر بسزایی در جذب آب و مواد غذایی در گیاه چای ترش داشته و این موضوع بر تجمع ماده خشک و در نهایت میزان زیست‌توده چای ترش به‌شدت تأثیرگذار است.

همچنین با افزایش مقدار کود نیتروژن، وزن خشک اندام‌های هوایی نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از ۱۷۲ گرم در بوته در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، به ۲۱۲ گرم در بوته در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن رسید (جدول ۱۰). با توجه به نقش نیتروژن در ساختمان مولکول کلروفیل، فراهمی آن برای سنتز هرچه بهتر مولکول‌های کلروفیل ضروری بوده (Taiz & Zeiger, 2010) و لذا تأثیر آن در افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی چای ترش منطقی به نظر می‌رسد. موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2020) نیز در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن، به واسطه تأثیر روی افزایش سطح برگ و تعداد شاخه‌های جانبی چای

ترش، در افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی آن تأثیرگذار است. در پژوهشی دیگر، محققان به تأثیر مثبت نیتروژن بر رشد و نمو ریشه به‌خصوص در شرایط کمبود آب اشاره کردند(Tran et al., 2014) .

وزن خشک کاسبرگ

اثر متقابل کشت مخلوط و نیتروژن بر وزن خشک اندام کاسبرگ چای ترش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸)، به‌طوری‌که به‌غیر از تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، تمامی سطوح تیماری کشت مخلوط در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، بیشترین وزن خشک کاسبرگ را از خود نشان دادند (جدول ۱۱). در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن خشک کاسبرگ به‌طور معنی-داری افزایش یافت. کمترین وزن خشک کاسبرگ نیز در تیمار کاشت سه ردیف گوار + یک ردیف چای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن (۷/۸ گرم در بوته) مشاهده شد (جدول ۱۱). به‌طور کلی، در تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش نسبت به سایر آرایش‌های کشت مخلوط در سطوح مشابه کود نیتروژن، وزن خشک اندام کاسبرگ کمتری از خود نشان داد. این در حالی است که در همین تیمار، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه گوار، بالاترین مقدار را به خود اختصاص دادند. لذا به نظر می‌رسد که در این نوع کشت مخلوط، جذب نور، آب و مواد غذایی به‌نفع بوته‌های گوار بوده باشد. علاوه‌بر این در این تحقیق، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، در سطوح مختلف تیمار کشت مخلوط، وزن خشک کاسبرگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ امّا در هر یک از سطوح کود نیتروژن، اختلاف چندانی بین سطوح مختلف آرایش کشت مخلوط وجود نداشت. به‌عنوان مثال و همان‌طور که اشاره شد، از بین هشت تیمار کشت مخلوط موجود، هفت تیمار آن در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی در یک گروه آماری قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهند که چای ترش در مقایسه با گیاه گوار، چندان تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط قرار نگرفته و آنچه که عملکرد اقتصادی گیاه چای ترش (وزن خشک کاسبرگ) را تحت تأثیر قرار داده، کود نیتروژن بوده است. به نظر می‌رسد که این امر ناشی از تأثیر مثبت کود نیتروژن بر افزایش انشعابات ساقه (به‌خصوص شاخه‌های زایا) بوده باشد. ضمن آنکه گزارش شده است که نیتروژن، در تأمین پروتئین مورد نیاز دانه گرده برای حرکت در طول خامه و رسیدن آن به تخمک مؤثر بوده، طول عمر تخمک و زمان گرده‌افشانی را افزایش داده و بدین طریق درصد تشکیل گل و میوه را زیاد می‌کند (Rahemi, 2004)یافته‌های این تحقیق با نتایج تحقیقی دیگر در توافق است. موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2020) نیز در تحقیقی گزارش کردند که با افزایش مقدار کود نیتروژن از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک کاسبرگ در چای ترش به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در پژوهشی دیگر، محققان گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد کاسبرگ در چای ترش به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد(Timothy & Futuless, 2014) . سپاه‌روم و موسوی(Sepahrom & Moosavi, 2016) نیز افزایش معنی‌دار عملکرد خشک کاسبرگ را در چای ترش طی افزایش کود نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

نسبت برابری زمین (LER)

بررسی نتایج نسبت برابری زمین نشان داد که تنها تیماری که در آن، LER بیشتر از یک شده و کشت مخلوط آن توجیه‌پذیر است، تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی می‌باشد (جدول ۱۲). به عبارت دیگر، تنها در این تیمار است که کشت مخلوط دو گونه مورد بررسی نسبت به وضعیت تک کشتی آن‌ها در استفاده از زمین، سودمندی نشان می-دهد. هنگامی‌که LER بیشتر از یک باشد، بیان‌کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص می‌باشد (Feizabadi & Zare Emamverdian, 2012). علت کاهش LER در سایر تیمارهای کود نیتروژن و کشت مخلوط در این تحقیق را می‌توان به رقابت برون گونه‌ای بین دو گونه گوار و چای ترش نسبت داد. از طرف دیگر، توجیه‌پذیر بودن کشت مخلوط در تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه در این ترکیب تیماری نسبت داد. فتوحی چیانه و همکاران (Fotohi-Chianeh et al., 2012) نیز در مطالعه‌ای، توجیه‌پذیر بودن کشت مخلوط لوبیا و ذرت را توسط شاخص LER مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط، این نسبت، بیشتر از یک شد که نشان‌دهنده سودمندی در استفاده از زمین، در این الگوهای کشت می‌باشد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن خشک کاسبرگ چای ترش

Table 11- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on sepal dry weight of roselle (g.plant[-1])

کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	9.13	11.1	12.8
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	8.60	11.1	12.6
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	9.03	10.7	12.6
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	7.76	8.93	9.76
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	8.53	10.4	12.6
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	9.46	12.2	12.8
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	8.96	11.2	12.6
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	8.43	11.1	12.4
LSD 0.05 = 0.645			

علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) نیز در بررسی کشت مخلوط ریحان و لوبیا عنوان کردند که تقریباً در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، شاخص LER بیشتر از یک بود که حکایت از برتری کشت مخلوط ریحان و لوبیا بر کشت خالص آن‌ها داشت. در تحقیقی دیگر، شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2021) در بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گوار و نعنا فلفلی گزارش کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط، شاخص LER، بیشتر از یک بود. آن‌ها این موضوع را به فراهم شدن آشیانه بوم‌شناختی مناسب برای دو گونه، استفاده بهتر از منابع و بروز حداقل رقابت برون گونه‌ای بین دو گیاه نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، تقریباً در ویژگی‌های مورد بررسی در گوار، برتری با تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی بود و فقط این تیمار بود که در وزن خشک برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه با تیمار کشت خالص گوار در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی اختلاف معنی‌داری نداشت. از طرف دیگر، ویژگی‌های مورد بررسی در چای ترش، برتری با تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی در سطوح مختلف آرایش کاشت بود؛ امّا بررسی نتایج نسبت برابری زمین نشان داد که تنها تیماری که کشت مخلوط آن توجیه‌پذیر است، تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز کودی می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد که این ترکیب کشت مخلوط، برای کشاورزان علاقه‌مند به این نوع سیستم کاشت، مناسب باشد. کشت مخلوط برای گونه‌هایی با فنولوژی متفاوت، می‌تواند ضمن ایجاد تنوع زیستی و تضمین تولید، بهره‌وری از اراضی زراعی را نیز افزایش دهد.

جدول ۱۲- نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط گوار و چای ترش

Table 12- Land equivalent ratio (LER) in treatments of intercropping of guar and roselle

کشت مخلوط **Intercropping arrangement**	کود نیتروژن **Nitrogen fertilizer**		
	عدم مصرف نیتروژن **Non-nitrogen fertilizer**	۵۰ درصد نیاز کودی **50% of fertilizer requirement**	۱۰۰ درصد نیاز کودی **100% of fertilizer requirement**
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	0.867	0.935	0.942
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	0.888	0.897	0.917
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	0.952	0.930	0.935
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	0.901	0.882	0.903
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	0.982	1.02	0.950
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	0.914	0.970	0.956
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	0.959	0.951	0.931

References

1. Abdzad Gohari, A., Amiri, E., & Majd Salimi, K. (2011). Yield evaluation and water use efficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under different levels of irrigation and nitrogen fertilizer. *Journal of Water Soil, 25*(5), 994-1004. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.v0i--.11207
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2010). Investigation of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, *2*, 383-397. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.19011.2417
3. Araghian, S., Sadrabadi Haghighi, R., Ghasemi, M., & Sohani Darban, A.R. (2022). Yield response and intercropping index of *Quinoa* and *Guar* medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition. *Crop Production Journal*, *14*(4), 85-104. (In Persian with English abstract).
4. Arshadi, J., & Asgharipour, M.R. (2011). The Effects of seed size on germination and early seedling growth of pelleted seeds of sugar beet. *Journal of Applied Sciences Research*, *7*(8), 1257-1260.
5. Arshadi, M.J., Khazaee, H.R., & Kafi, M. (2008). Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and yield components of potato *(Agria cv.)*. *Agricultural Research*, *8*(1), 33-45. (In Persian with English abstract).
6. Arshadi, M.J., Khazaee, H.R., Nassiri Mahallati, M., & Agheli, O. (2010). Evaluation of effects of some important agronomic traits on potato yield and possibility determining of required time of potato crop to nitrogen fertilizer levels by chlorophyll meter. *Journal of Agroecology*, *2*(1), 231-142. (In Persian with English abstract).
7. Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A., & Kafi, M. (2021). Evaluation of root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under treatments of rhizobium, arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza on conditions of sterilized and

non-sterile soil. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *2*(2), 241-254. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/csrar.2021.268645.1080

8. Bargaz, A., Isaac, M.E., Jensen, E.S., & Carlsson, G. (2015). Intercropping of faba bean with wheat under low water availability promotes faba bean nodulation and root growth in deeper soil layers. *Procedia Environmental Sciences*, *29*, 111–112. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.188
9. Ehsani Pour, A., Abbasdokht, H., Gholi Pour, M., & Mashhadi, A.R. (2019). Evaluation of water productivity and some quantitative and qualitative traits of sugarcane in intercropping with legumes. *Journal of Crops Improvement*, *21*(3), 223-246. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2019.276206.2168
10. Fotohi-Chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F., & Fotohi-Chianeh, E. (2012). Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. *Journal of Agroecology*, *4*(2), 131-143. (In Persian with English abstract).
11. Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, Z., Liu, H., & Liu, Z. (2009). Crop coefficient and water - use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research*, *111*, 65–73. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.10.007
12. Ghorabaei Toghrekan, Z., Aein, A., Afshar Manesh, G., Alavi Siney, M., & Shirzadi, M.H. (2022). Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on growth and yield of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under varied planting row spacing in Jiroft`s climate. *Applied Research in Field Crops*, *34*(4), 119-143. (In Persian with English abstract).
13. Goldani, M., Zare, H., & Kamali, M. (2016). Evaluation of different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on shoot and root characteristics of *Echinacea purpurea*. *Journal of Horticultural Sciences*, *30*(3), 366-375. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V30I3.26615
14. Hauggaard-Nielson, H., & Jensen, E.S. (2001). Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Research*, *72*(3), 185-196. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00176-9
15. Hema, Y., & Shalendra, A. (2014). An analysis of performance of guar crop in India. Guar cultivation practices. p.17-31 Prepared by CCS National Institute of Agricultural Marketing and Jaipur for the United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.
16. Heydari, H., Dahmardeh, M., & Khomri, E. (2019). Evaluation of production in intercropping of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) with cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in replacement series. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, *50*(3), 157-167. (In Persian with English abstract).
17. Hossieni Nezhad, N. (2021). Effect of different levels of drought, ascorbic acid and calcium on some morpho-physiological and biochemical traits of *Cyamposis tetragonoloba*. M.Sc. Thesis, Faculty of Biology, University of Sistan and Baluchestan, Iran. (In Persian with English abstract).
18. Khoshouei, Z., Ashouri, M., Doroudian, H.R., Amiri, E., & Mohammadian Rowshan, N. (2022). Effect of irrigation management, municipal waste compost and nitrogen fertilizer on seed yield and some morpho-physiological traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *3*(2), 339-357. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/CSRAR.2021.296728.1109
19. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., & Amirmoradi, S. (2009). Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, *1*, 13-23. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.2650
20. Lack, S., Kermanshahi, M., & Noryani, H. (2015). Changes in leaf area index, yield and yield components of green bean (*Phaseolus vulgaris*) with the application of zinc sulfate and nitrogen. *Journal of Crop Ecophysiology*, *4*, 599-610. (In Persian with English abstract).
21. MacMillan, J., Shrestha, R., Adams, C., Hinson, P.O., & Trostle, C. (2021). The root system of guar: Spatial and temporal analysis of root and nodule development. *Annals of Applied Biology*, *179*(3), 278-287. https://doi.org/10.1111/aab.12697
22. Majnoon Hosseini, N. (2015). Cultivation and Production of Legumes. Jahad University Publication of Tehran. (In Persian).
23. Mirza Shahi K., Nejad, A.P., & Omidvari, S. (2017). Effect of crop rotation and management of nitrogen and crop residue consumption on maize yield of single cross 704 cultivar and some soil chemical properties. *Iranian Journal of Soil Research*, *30*(2), 115-124. (In Persian with English abstract).

24. Momen-Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M., & Forouzandeh, M. (2018). Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Journal of Agroecology*, *9*(4), 1050-1069. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V9I4.51084
25. Moosavi, Gh., Javadi, H., Seghatoleslami, M.J., & Salaviti, M. (2020). Effect of nitrogen and plant density on morphological traits and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Iranshahr climatic conditions. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, *3*(1), 105-120. (In Persian with English abstract).
26. Mostafavi Rad, M., Nobahar, A., Gholami, M., Ajili Lahiji, A., Bonyadi, I., Adibi, Sh., Rahimian, M.R., & Akbarzadeh, E. (2016). Quantitative and qualitative response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to starter nitrogen application. *Journal of Oil Plants Production*, *2*(2), 59-75. (In Persian with English abstract).
27. Nasrollahzadeh, A. (2017). Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Open Journal of Ecology*, *7*, 101-111. https://doi.org/10.4236/oje.2017.72008
28. Pathak, R., & Roy, M.M. (2015). Climatic responses, environmental indices and interrelationships between qualitative and quantitative traits in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) under arid conditions. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: *Biological Sciences*, *85*(1), 147-154. https://doi.org/10.1007/s40011-013-0269-4
29. Rahemi, M. (2004). Pollination and Fruit Formation. Publication of Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).
30. Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, *108*(1), 1-13. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.001
31. Sarmad Nia, Gh.H., & Koocheki, A.R. (2013). Crop Physiology. Tehran University Publication. (In Persian with English abstract)
32. Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F., & Schepers, J.S. (2005). Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, *97*, 106-112. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0106
33. Sepahrom, A., & Moosavi, S.G. (2016). The effect of irrigation and nitrogen levels on morphological traits yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *32*(3), 436-449. (In Persian with English abstract).
34. Sepideh Dam, S., & Ramroudi, M. (2015). The effect of tillage and nitrogen fertilization systems on yield, yield components and grain protein of wheat. *Journal Plant Ecophysiology Applied Research*, *2*(2), 33-47. (In Persian with English abstract).
35. Shahbazi, M., Khodaei-Joghan, A., Moradi-Telavat, M.R., & Moshatati, A. (2021). Effect of simultaneous and overlapped intercropping ratios on essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) and forage quality of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *23*(2), 127-141. (In Persian with English abstract). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1400.23.2.3.9
36. Shahghasi, M., Seghatoleslami, M.J., Moosavi, G.R., & Nakhaei, F. (2023). To study the effect of irrigation, plant density and salicylic acid on yield and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(2), 487-502. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/CSRAR.2023.326353.1184
37. Singh, S.K. (2014). An analysis of guar crop in India. Report prepared by NIAM, Jaipur for the United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.
38. Singla, S., Grover, K., Angadi, S., Begna, S., Schutte, B., & Leeuwen, D. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences*, *7*(8), 1246-1258. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.78120
39. Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). Plant Physiology. 5th ed. Sinauer Associates. Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 782 p.
40. Timothy, E.L., & Futuless, K.N. (2014). Influence of sowing date and different levels of nitrogen fertilizer on the performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Nigeria. Research and Reviews: *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, *3*(1), 5-8.
41. Tran, T.T., Kano-Nakata, M., Takeda, M., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y., & Yamauchi, A. (2014). Nitrogen

application enhanced the expression of developmental plasticity of root systems triggered by mild drought stress in rice. *Plant and Soil, 378*, 139-152. https://doi.org/10.1007/s11104-013-2013-5

42. Vandermeer, J.H. (1989). The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press. 297 p.
43. Yazdan Panah, M. (2016). The effect of different levels of irrigation, sowing date and fertilizer management on yield and yield components of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Minab conditions. Ph.D. Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
44. Zare Feizabadi, A., & Emamverdian, A.G. (2012). Effect of mixed cropping on yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology, 4*(2), 144-150. (In Persian with English abstract).